

PROVERA NOSIVOSTI ELEMENATA PORTALA NA VESTIBILU ŽELEZNIČKE STANICE NOVI SAD



Сагласни:

Саставио:



Зоран Петковић
Зоран Петковић, дипл.инж.грађ.

Мирољуб К. Лазаровски

Мирољуб Лазаровски, дипл.инж.грађ.



Sadržaj:

1. Analiza opterećenja:	2
1.1. Stalno opterećenje:	2
1.1.1. Sopstvena težina konstrukcije:	2
1.2. Osnovna brzina vetra	2
1.2.1. Osnovni pritisak vetra	3
1.2.2. Unutrašnji i spoljašnji pritisak vetra na objekat	3
1.2.3. Dejstvo vetra na zid (portal)	4
1.3. Temperaturni utcaji	5
1.4. Seizmičko dejstvo	5
2. Modeliranje, profili koji su ušli u proračun i šema opterećenja konstrukcije	6
2.1. Model konstrukcije	6
2.2. Šema opterećenja konstrukcije	7
2.3. Profili koji su dati u knjizi 2.9.1.1	9
2.4. Aluminijski profili za koje se vrši provera nosivosti i stabilnosti	10
3. Statički proračun konstrukcije	12
3.1. Kombinacije dejstava	12
3.2. Statički uticaji	12
3.2.1. Kombinacija: I+1.5xII	12
3.2.2. Kombinacija: 1.35xI+1.5xIII	15
3.2.3. Kombinacija: I+1.5xII+0.6x1.5xIII	17
3.2.4. Kombinacija: 1.35xI+1.5xIV	20
3.2.5. Kombinacija: I+1.5xII+0.6x1.5xIV	22
4. Dimenzionisanje	25
4.1. Materijal	25
4.2. Parcijalni koeficijenti sigurnosti	25
4.3. Određivanje dužine izvijanja aluminijskih profila	25
4.4. Provera graničnih stanja nosivosti preseka	25
4.4.1. Horizontala	25
4.4.2. Vertikala	26
4.4.3. Pojas čeličnog nosača HOP [] 100X80X3	27
4.4.4. Stubac čeličnog nosača HOP [] 100X80X3	28
4.4.5. Dijagonala čeličnog nosača HOP [] 50X50X3	29
4.5. Provera nosivosti ankera na vezi između čeličnog nosača i AB stuba	30
5. Zaključak	30

1. Analiza opterećenja:

1.1. Stalno opterećenje:

1.1.1. Sopstvena težina konstrukcije:

Težina staklenih panela.....0,40 kN/m²
Težina vertikalnog aluminijumskog profila sa potkapama i kapama.....0,039kN/m'
Težina horizontalnog aluminijumskog profila sa potkapama i kapama 0,033kN/m'

Staklo Miličević Z.G.doo

Košut Lajoša bb
21235 TEMERIN
TEL/FAX: 021/843-689
e-mail: staklotemerin@stcable.net
PIB: 109265122
Matični broj 21151866
Registarski broj 21151866
RBA banka: 265-3300310031835-50

BOB DOO

Kornelija Stankovića 15
21000 Novi Sad
PIB:100731278
Mat.broj:8497923

Izjava

Poštovani,

Ovim putem izjavljujemo da je težina termo stakla:
Pamplex 4/1/4+16+8mm float po m2 = 41 kg.

S poštovanjem,

Direktor
Dragana Miličević



1.2. Osnovna brzina vetra

$$V_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot V_{b,0}$$

Gde su: V_b - Osnovna brzina vetra definisana kao funkcija pravca vetra i doba godine, na 10m iznad tla terena kategorije II

c_{dir} - koeficijent pravca (Preporučena vrednost prema nacionalnom aneksu 1,0)

c_{season} - koeficijent sezonskog delovanja (Preporučena vrednost prema nacionalnom Aneksu 1,0)

$V_{b,0}$ - Fundamentalna vrednost osnovne brzine

Lokacija : Novi Sad ($V_{map} = 21\text{m/s}$)

Nadmorska visina: 93,3m

$$c_{alt} = 1,0 + 0,001 \cdot 93,3 = 1,0933$$

$$V_{b,0} = V_{map} \cdot c_{alt} = 21,0 \cdot 1,0933 = 22,96 \text{ m/s}$$

Kategorija hrapavosti II $\rightarrow z_0 = 0,05 \text{ m}$ $z > z_{min}$

1.2.1. Osnovni pritisak vetra

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot V_b^2$$

gde je: ρ - Gustina vetra 1,25 kg / m³ preporučena vrednost

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot V_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,96^2 = 329,5 \text{ N/m}^2$$

$$V_{m(z)} = c_{r(z)} \cdot c_{0(z)} \cdot V_b$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$$

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad \text{za} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_{r(z)} = 0,19 \cdot \ln \left(\frac{9,63}{0,05} \right) = 0,999 \sim 1,0 \quad c_{0(z)} = 1,0$$

Turbulencije vetra $l_{v(z)}$

$$l_{(z)} = \frac{k_l}{c_{0(z)} \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} \quad \text{za} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

k_t - koeficijent turbulencije, vrednost koeficijenta k_l može da bude data u nacionalnom aneksu, preporučena vrednost za koeficijent $k_l = 1,0$

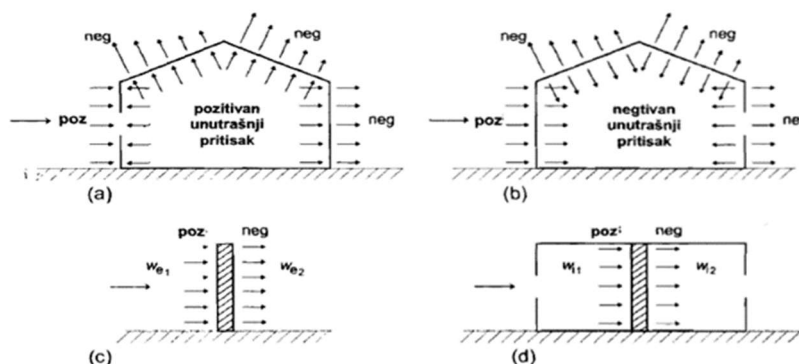
pa je :

$$z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$q_{p(z)} = \frac{1 + 7 \cdot k_l}{c_{0(z)} \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot \left(k_t \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \right)$$

$$q_{p(z)} = \frac{1 + 7}{\ln \left(\frac{9,63}{0,05} \right)} \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,96^2 \cdot 1,0 = 501,045 \text{ N/m}^2 = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

1.2.2. Unutrašnji i spoljašnji pritisak vetra na objekat



Slika 5.1: Pritisak na površine

$$w_i = q_{p(z_e)} \cdot c_{pi}$$

gde su: $q_p(Z_e)$ udarni pritisak vetra

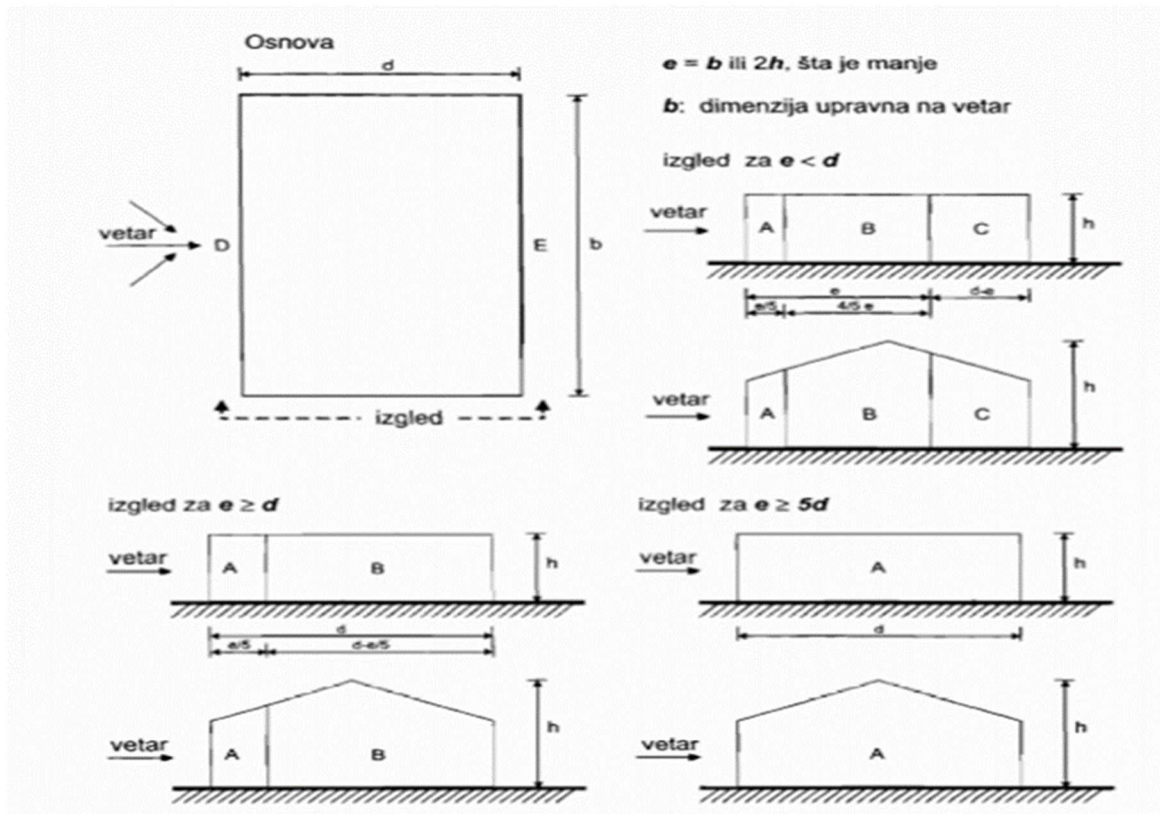
Z_e referentna visina za spoljašnji pritisak, data u glavi 7 (EN 1-4)

C_{pe} koeficijent spoljašnjeg pritiska koja zavisi od opterećene površine

C_{pi} koeficijent unutrašnjeg pritiska

$C_{pe,10}$ pošto je opterećena površina objekta veća od 10 m²

1.2.3. Dejstvo vetra na zid (portal)



Zona	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

A : $C_{pe,10} = -1,2$

B : $C_{pe,10} = -0,8$

C : $C_{pe,10} = -0,5$

D : $C_{pe,10} = +0,8$

E : $C_{pe,10} = -0,5$

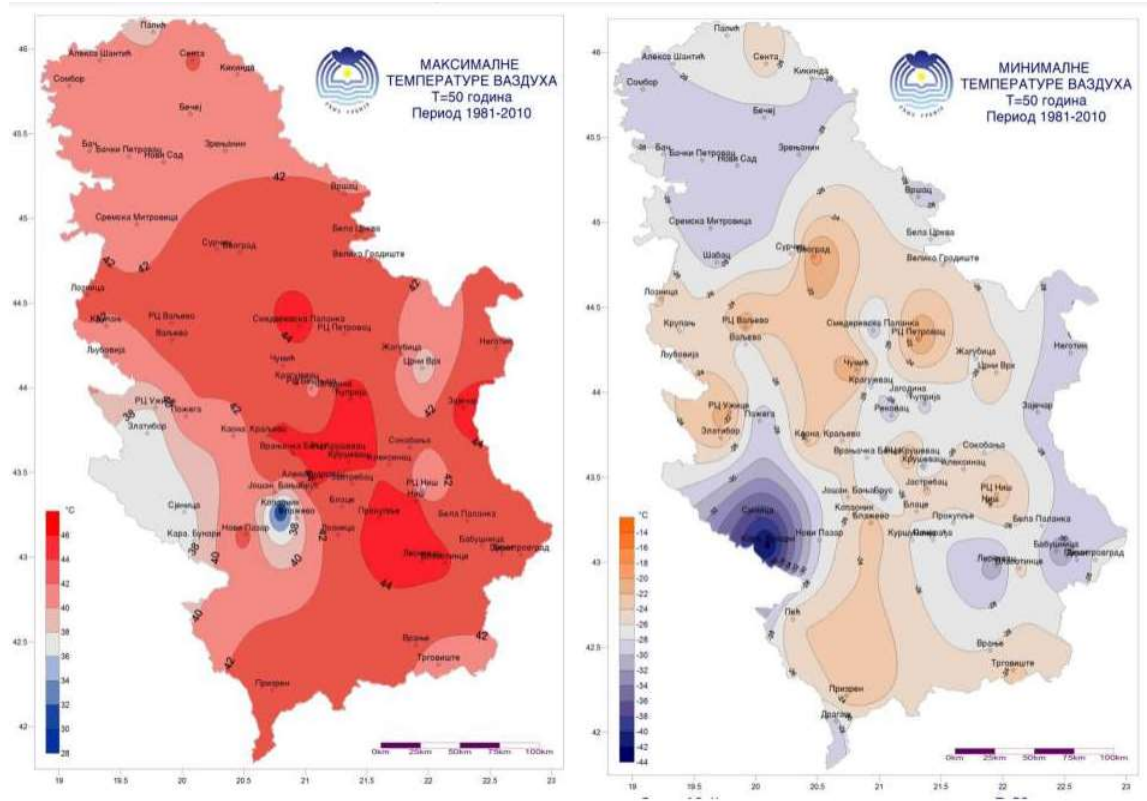
Unutrašnji pritisak vetra: $C_{pi} = +0,2$ $C_{pi} = -0,3$

$$w_1 = q_p \cdot (c_{pe} - c_{pi}) = 0,5 \cdot (0,8 - 0,2) = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

$$w_2 = q_p \cdot (c_{pe} - c_{pi}) = 0,5 \cdot (0,8 + 0,3) = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

Merodavni pritisak vetra je w_2

1.3. Temperaturni uticaji



Karte maksimalne i minimalne temperature na teritoriji Republike Srbije

Tabela 5.1: Indikativne temperature u unutrašnjosti objekta T_{in}

Sezona	Temperatura T_{in}
Leto	T_1
Zima	T_2
Napomena: Vrednosti za temperature T_1 i T_2 , mogu da budu određene u Nacionalnom aneksu. Kada nema podataka na raspolaganju, preporučuju se vrednosti $T_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $T_2 = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.	

Ravnomerna promena temperature u osi elementa (stepen celzijusa):

$$\Delta T = T - T_0$$

gde su: T_0 -Početna temperature $10\text{ }^{\circ}\text{C}$

T_1 -Prosečna temperature u letnjoj sezoni $T_1 = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$

T_2 -Prosečna temperature u zimskoj sezoni $T_2 = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ravnomerna promena temperature u osi elementa u letnjoj sezoni

$$\Delta T = T_1 - T_0 = 25$$

Ravnomerna promena temperature u osi elementa u zimskoj sezoni

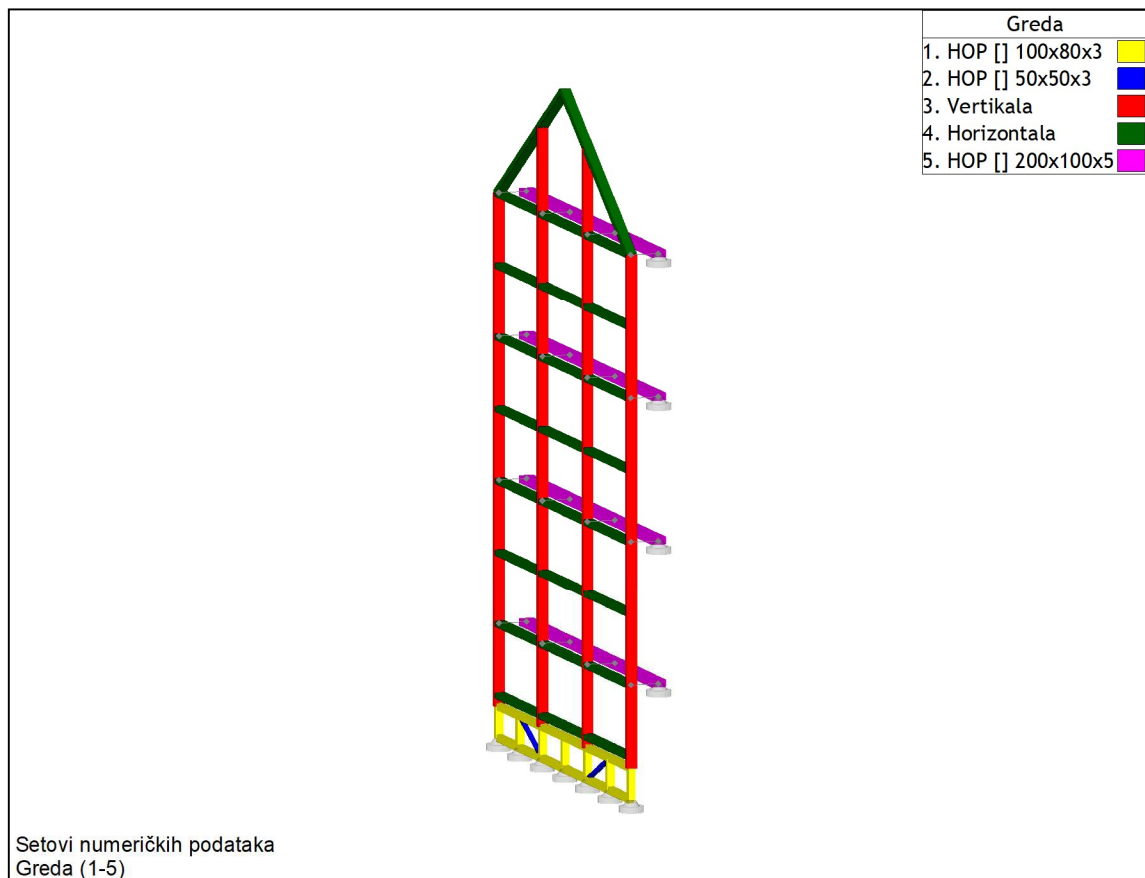
$$\Delta T = T_2 - T_0 = -15$$

1.4. Seizmičko dejstvo

Seizmičko dejstvo nije zeto u proračun obzirom da su uticaji od vetra merodavniji.

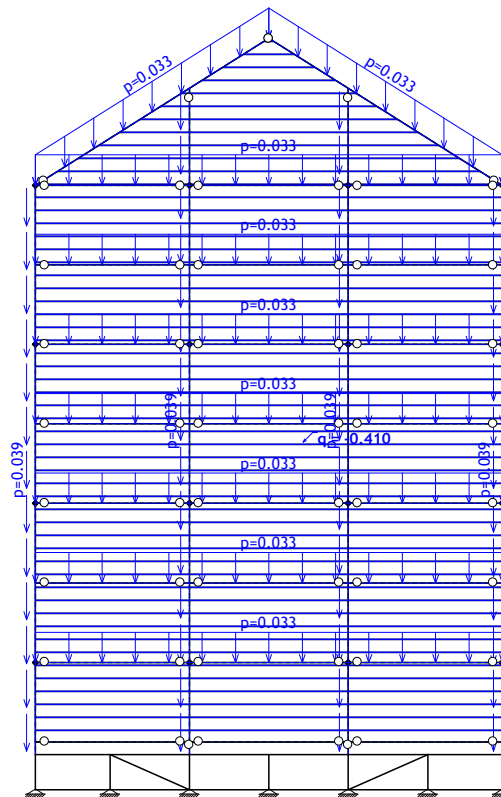
2. Modeliranje, profili koji su ušli u proračun i šema opterećenja konstrukcije

2.1. Model konstrukcije



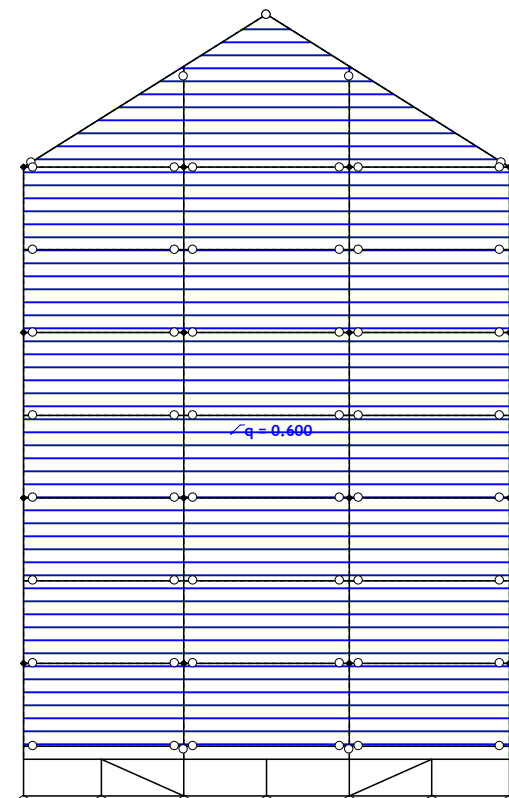
2.2. Šema opterećenja konstrukcije

Opt. 1: G (g)



Ram: V_1

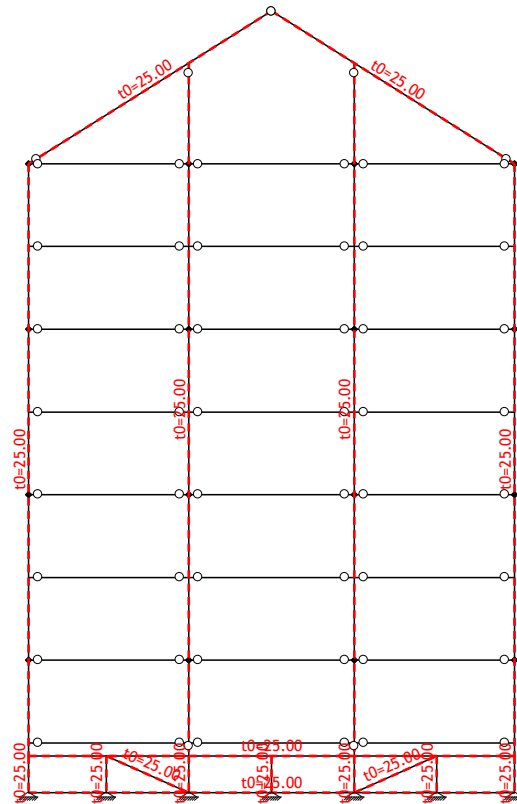
Opt. 2: w



Ram: V_1

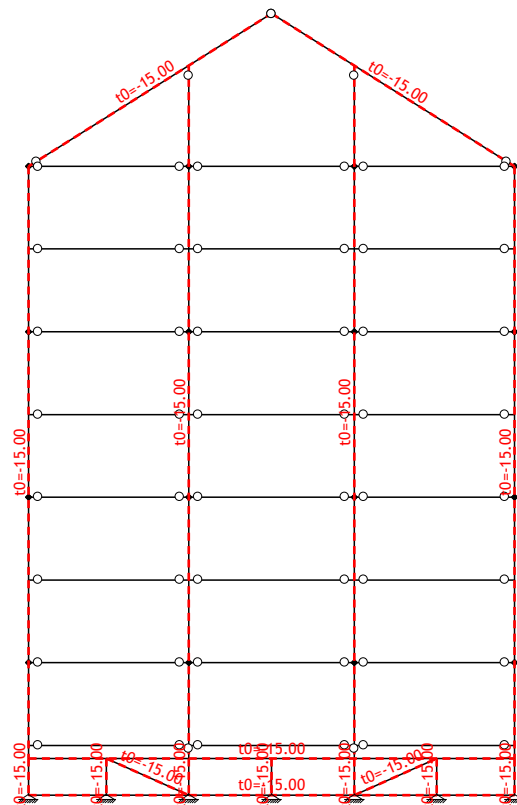
Opterećenje od temperature u horizontalnim profilima je anulirano zbog tipa veze koji omogućava nesmetanu termičku dilataciju.

Opt. 3: T+



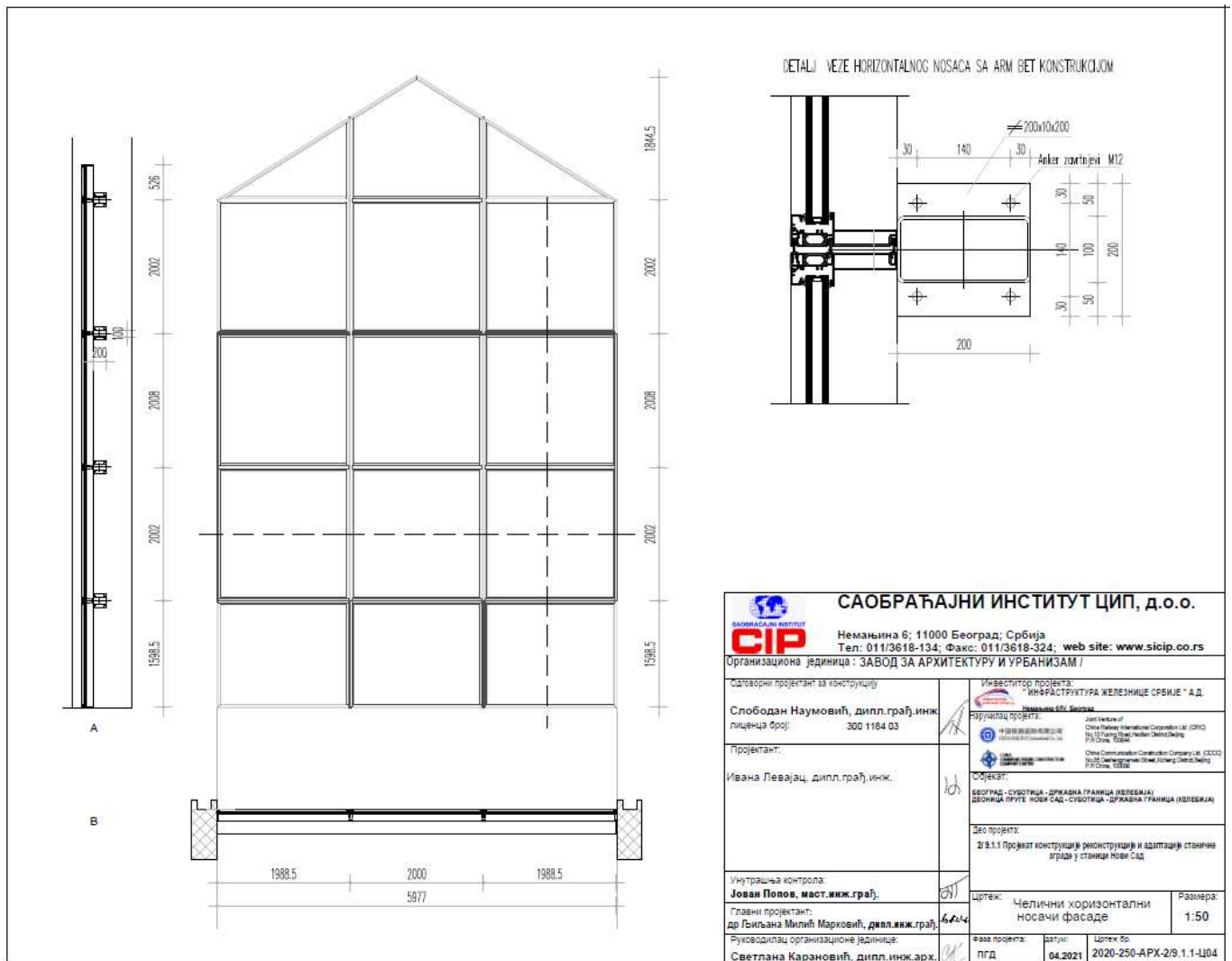
Ram: V_1

Opt. 4: T-



Ram: V_1

2.3. Profili koji su dati u knjizi 2.9.1.1




SAOBRAĆAJNI INSTITUT CIP д.о.о
 Немањина 6/IV, 11000 Београд

Усвојен пресек : **ХОП 200x100x5**
 $W_x = 143.82 \text{ cm}^3$ $I_x = 1438.25 \text{ cm}^4$

Контрола напона : $\sigma = \frac{15.21 \cdot 100}{143.82} = 10.58 \text{ kN/cm}^2 < 16.0 \text{ kN/cm}^2$

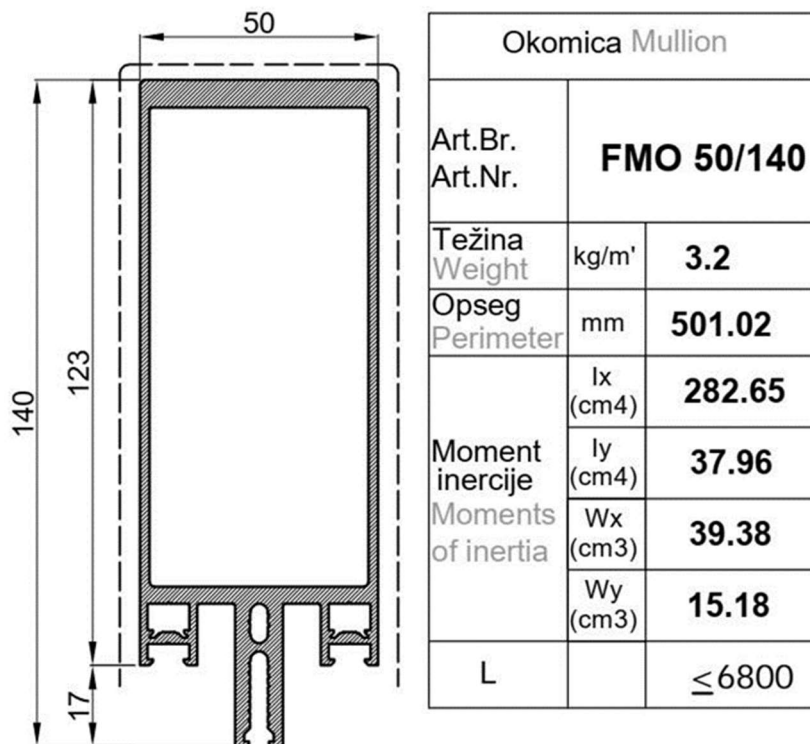
Контрола деформација : $f = \frac{5}{384} \cdot \frac{3.38 \cdot \frac{1}{100} \cdot 600^4}{2.1 \cdot 10^4 \cdot 1438.25} = 1.89 \text{ cm} < \frac{L}{300} = 2.00 \text{ cm}$

Срачунао :

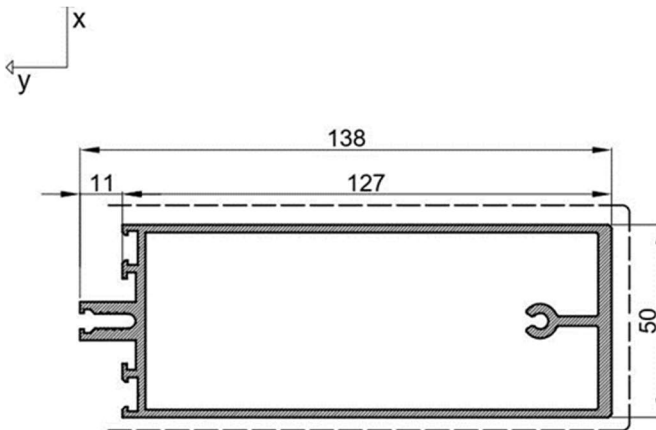
С. Наумовић
д-р. грађ. инж.
319 3056 03

Слободан Наумовић, дипл.граф.инж.

2.4. Aluminijumski profili za koje se vrši provera nosivosti i stabilnosti

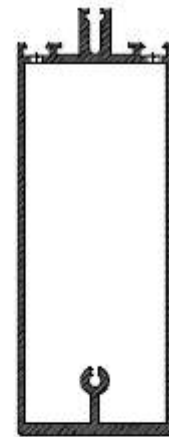
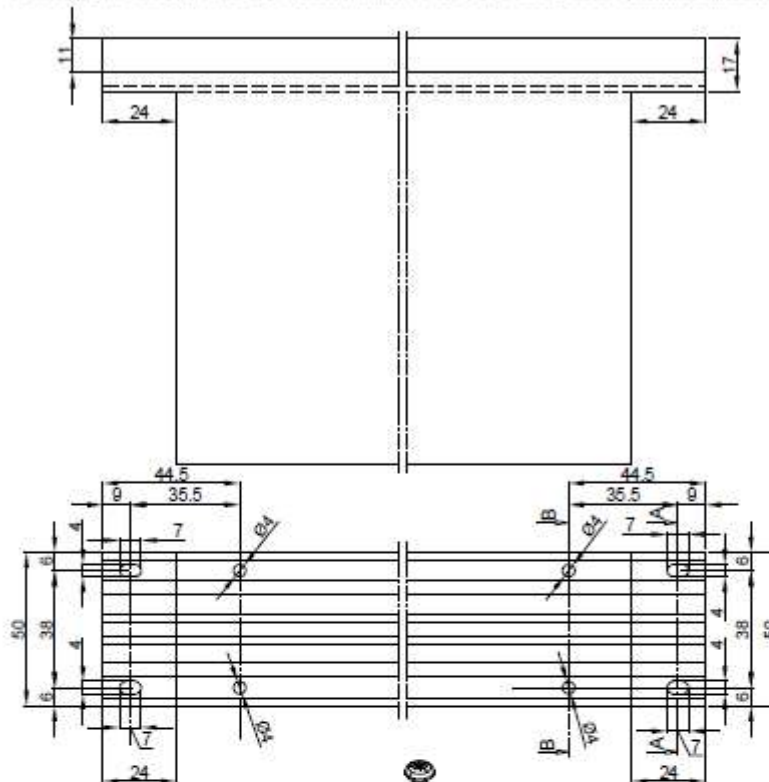


Vertikala



Vodoravnica Transom		
Art.Br. Art.Nr.	FMV 50/138	
Težina Weight	kg/m'	2.56
Opseg Perimeter	mm	451.43
Moment inercije Moments of inertia	I _x (cm ⁴)	228.71
	I _y (cm ⁴)	34.28
	W _x (cm ³)	30.63
	W _y (cm ³)	13.71
L	mm	≤ 6800

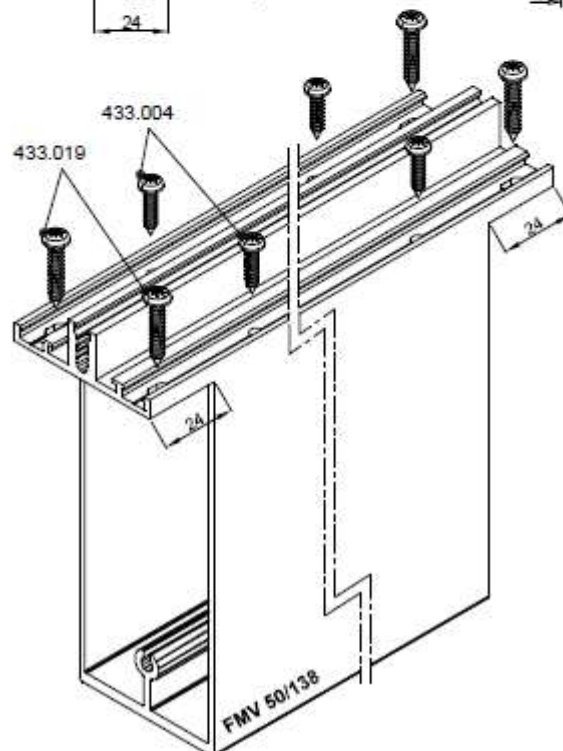
- Obrada vodoravnice FMV 50/138 za okomicu FMO 50/140 ili veću (gumeni odstoynik sa obrubom)
- Processing of transom FMV 50/138 for mullion FMO 50/140 or greater (rimmed dilatation rubber)



PRESJEK B-B
CROSS SECTION B-B



PRESJEK A-A
CROSS SECTION A-A



388.011
gumeni odstoynik sa obrubom
za vodoravnicu FMV 50/138

388.011
rimmed dilatation rubber
for transom FMV 50/138



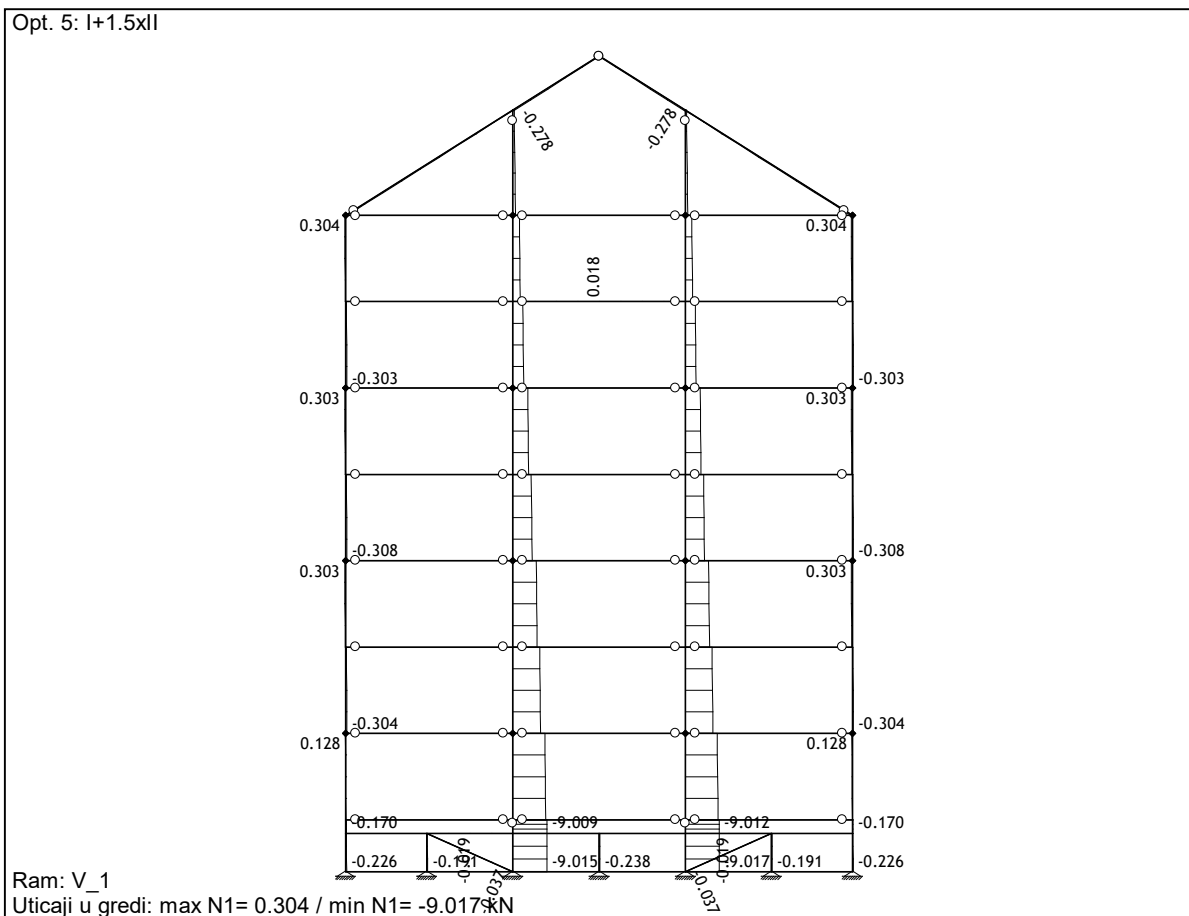
3. Statički proračun konstrukcije

3.1. Kombinacije dejstava

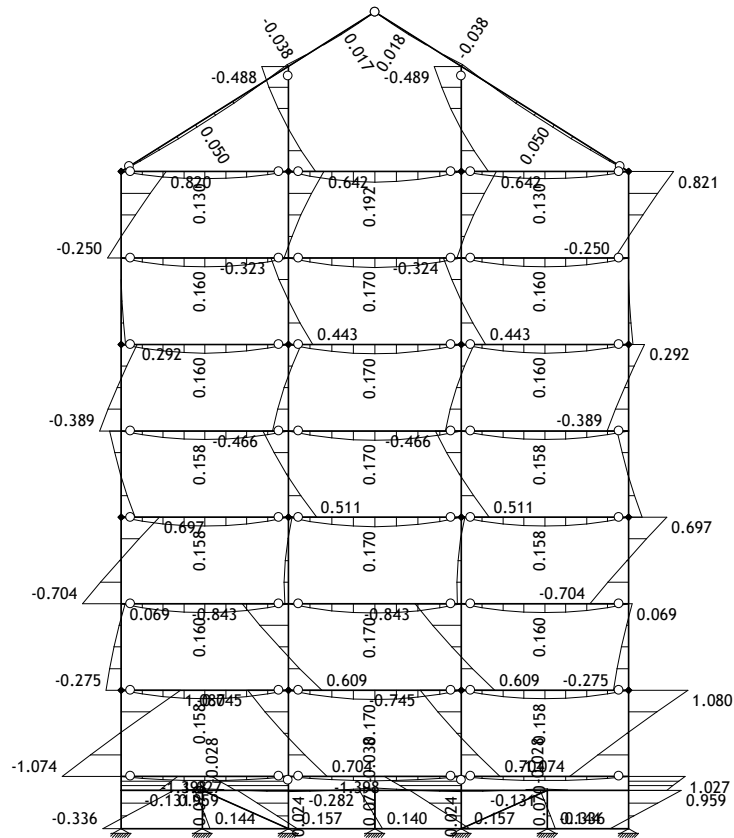
Lista slučajeva opterećenja	
Broj	Naziv
1	Sopstvena težina G(g)
2	Vetar w
3	Temperatura T+ (letnji period)
4	Temperatura T- (zimski period)
5	Komb: I+1.5xII
6	Komb: 1.35xI+1.5xIII
7	Komb: I+1.5xII+0.6x1.5xIII
8	Komb: 1.35xI+1.5xIV
9	Komb: I+1.5xII+0.6x1.5xIV

3.2. Statički uticaji

3.2.1. Kombinacija: I+1.5xII



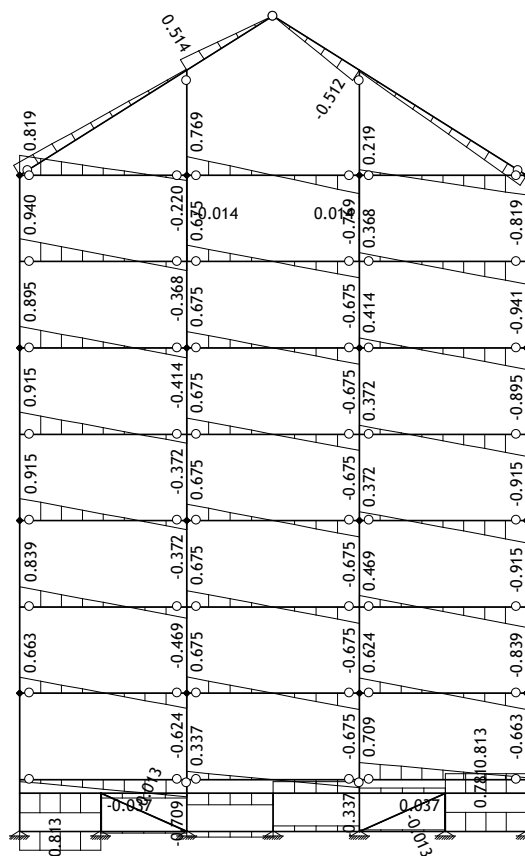
Opt. 5: I+1.5xII



Ram: V_1

Uticaji u gredi: max M3= 1.080 / min M3= -1.398 kNm

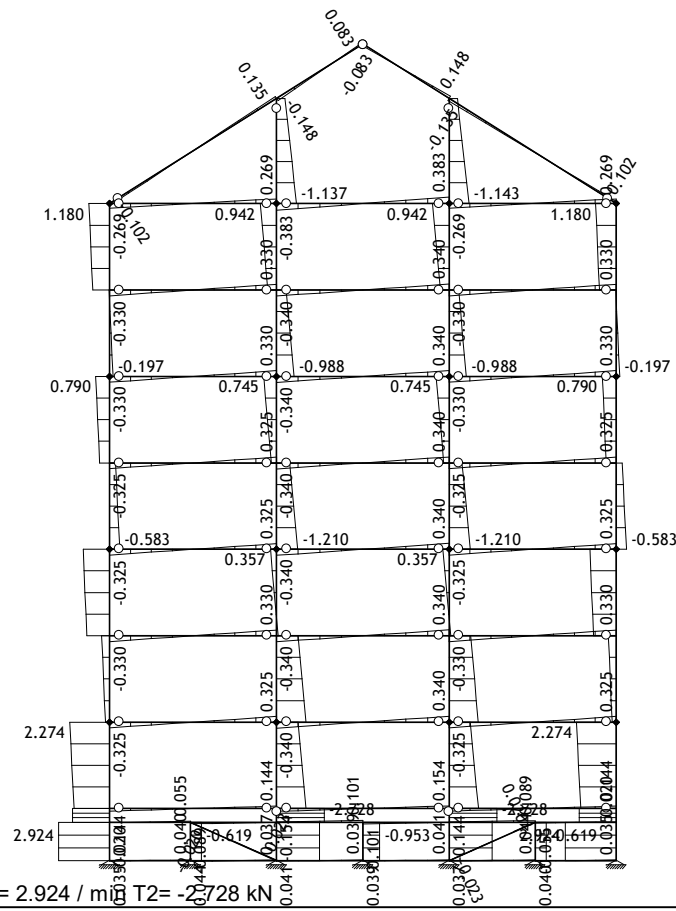
Opt. 5: I+1.5xII



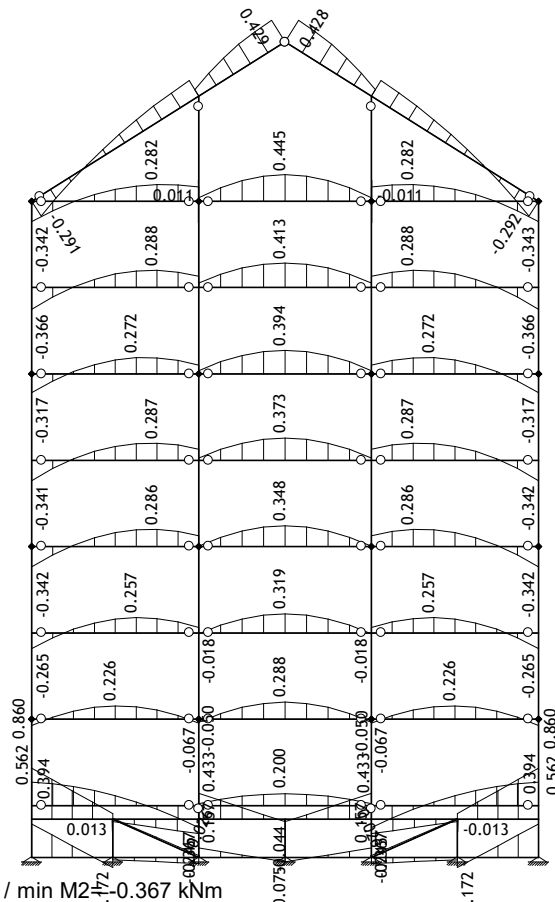
Ram: V_1

Uticaji u gredi: max T3= 0.940 / min T3= -0.941 kN

Opt. 5: I+1.5xII

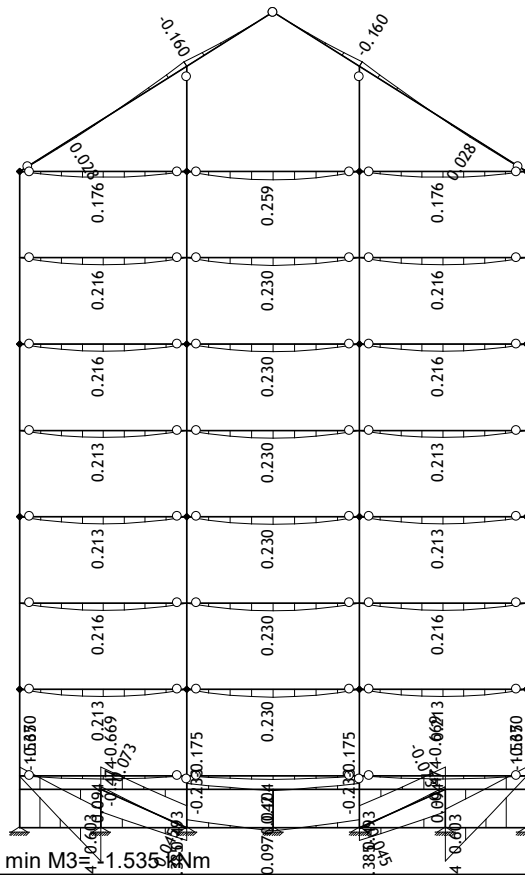


Opt. 5: I+1.5xII



3.2.2. Kombinacija: 1.35xI+1.5xIII

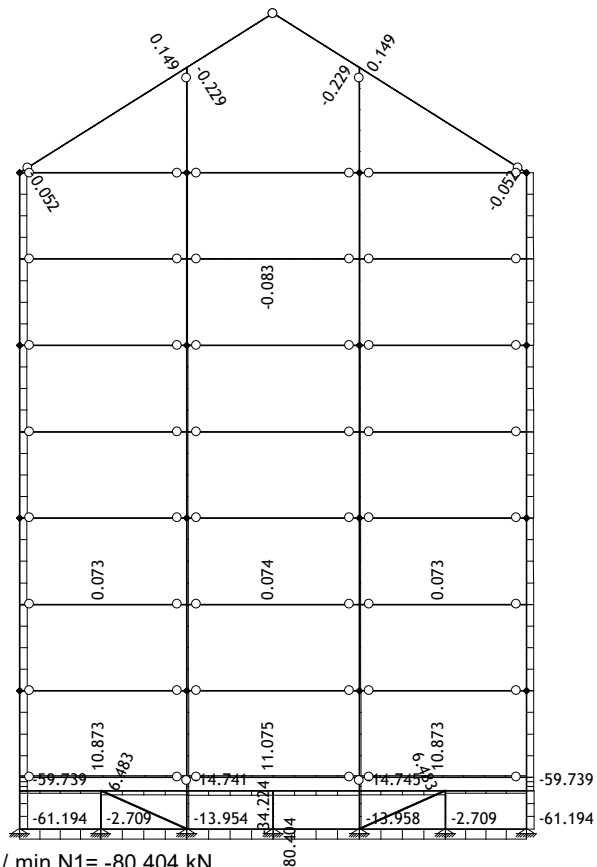
Opt. 6: 1.35xI+1.5xIII



Ram: V_1

Uticaji u gredi: max M3= 1.004 / min M3= -1.535 kNm

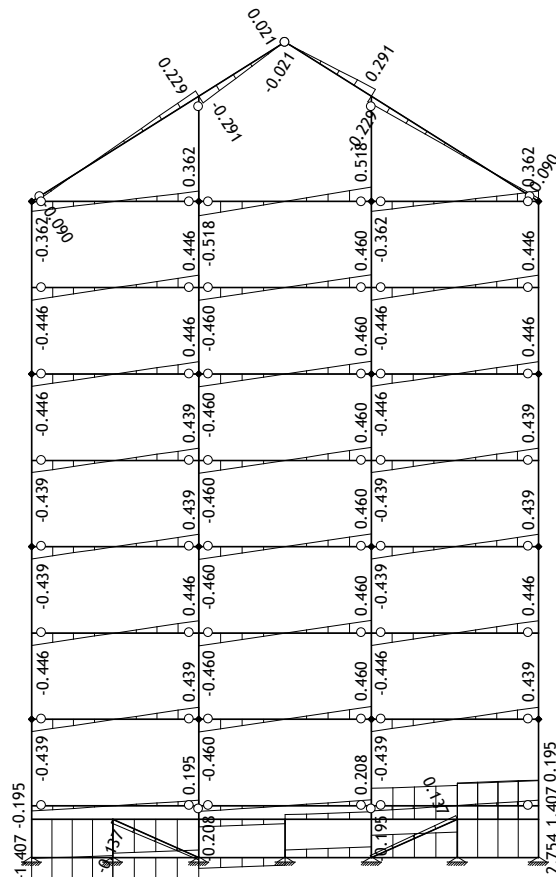
Opt. 6: 1.35xI+1.5xIII



Ram: V_1

Uticaji u gredi: max N1= 11.075 / min N1= -80.404 kN

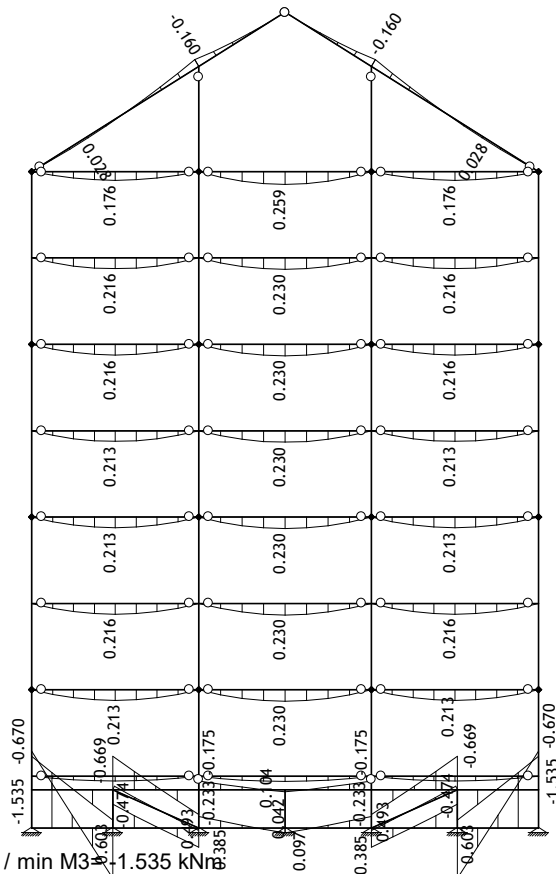
Opt. 6: 1.35xl+1.5xIII



Ram: V_1

Uticaji u gredi: max T2= 2.754 / min T2= -2.754 kN

Opt. 6: 1.35xl+1.5xIII

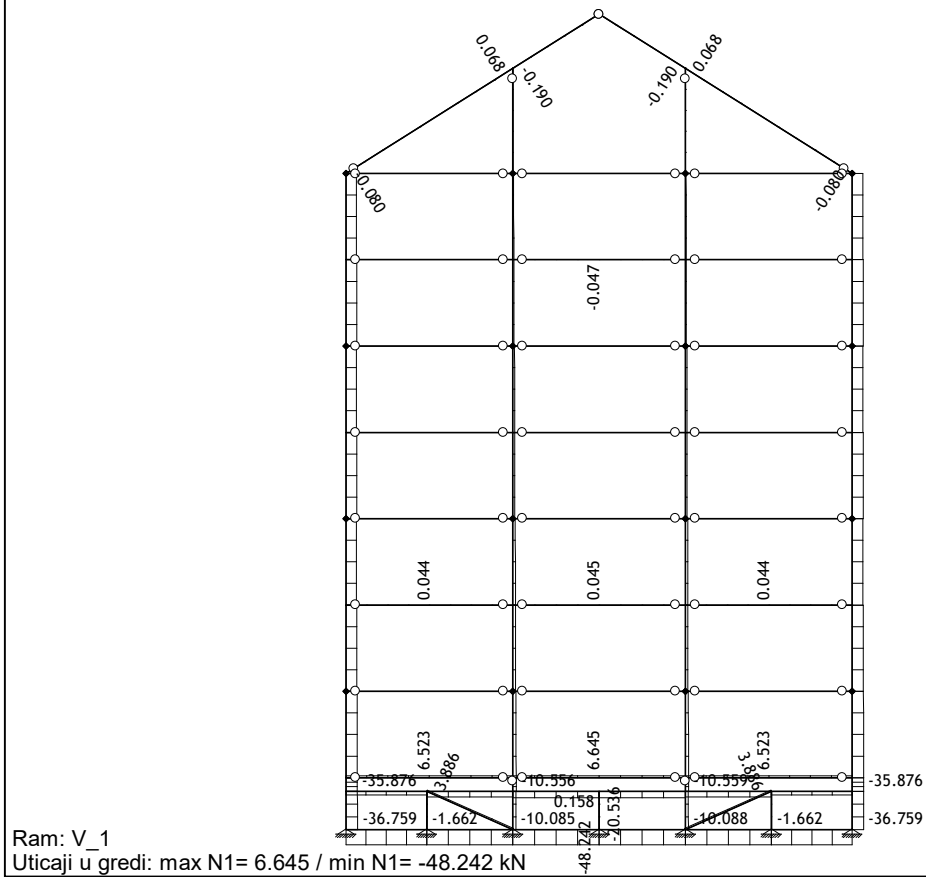


Ram: V_1

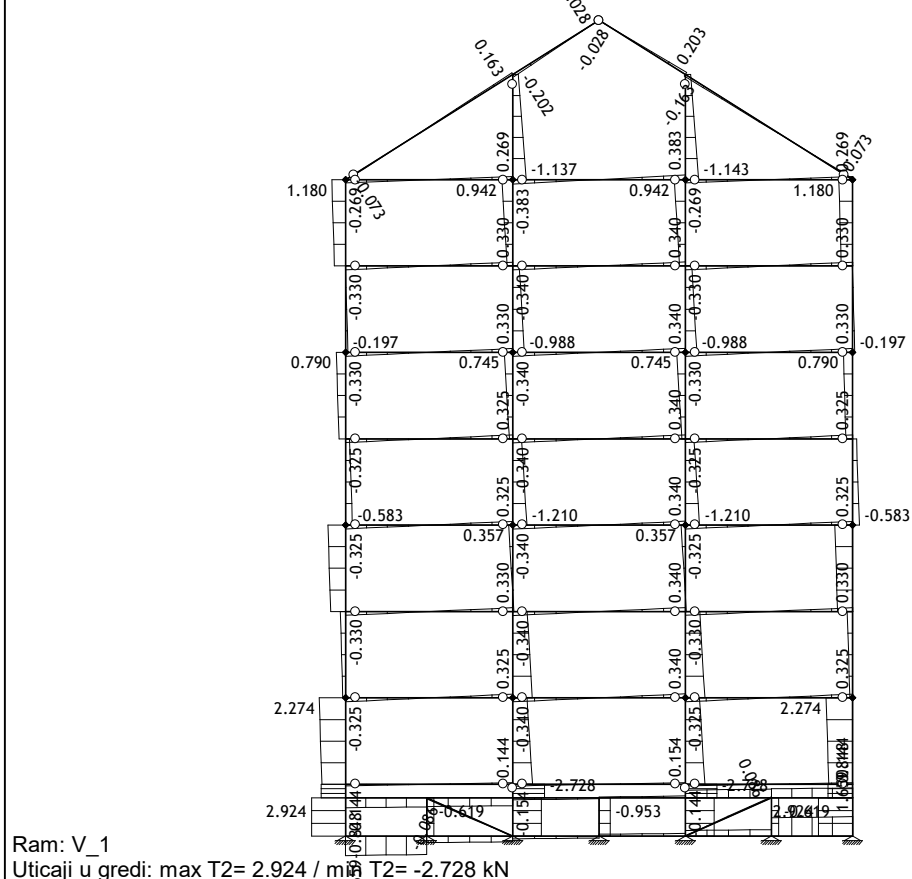
Uticaji u gredi: max M3= 1.004 / min M3= -1.535 kNm

3.2.3. Kombinacija: I+1.5xII+0.6x1.5xIII

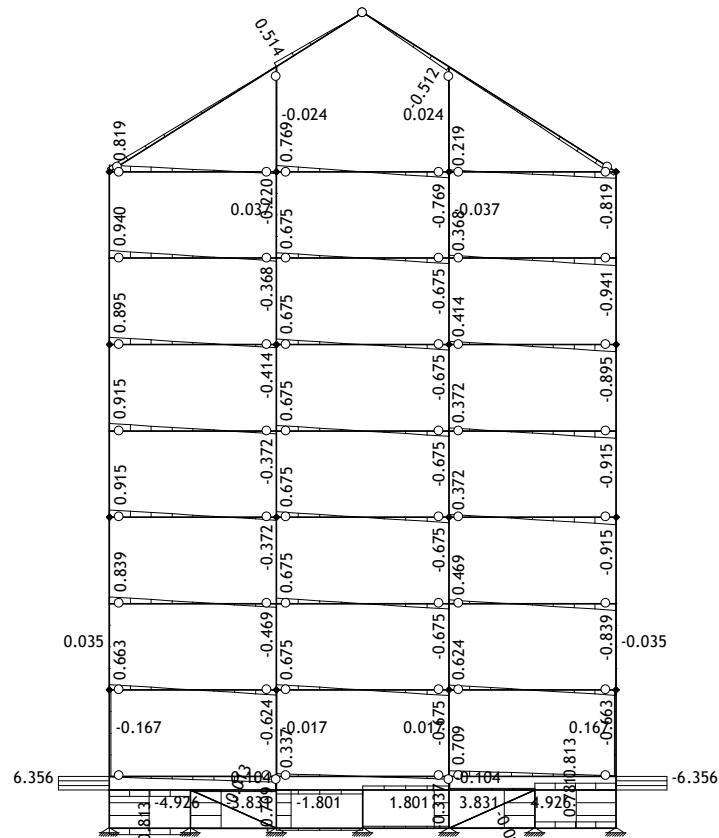
Opt. 7: I+1.5xII+0.6x1.5xIII



Opt. 7: I+1.5xII+0.6x1.5xIII



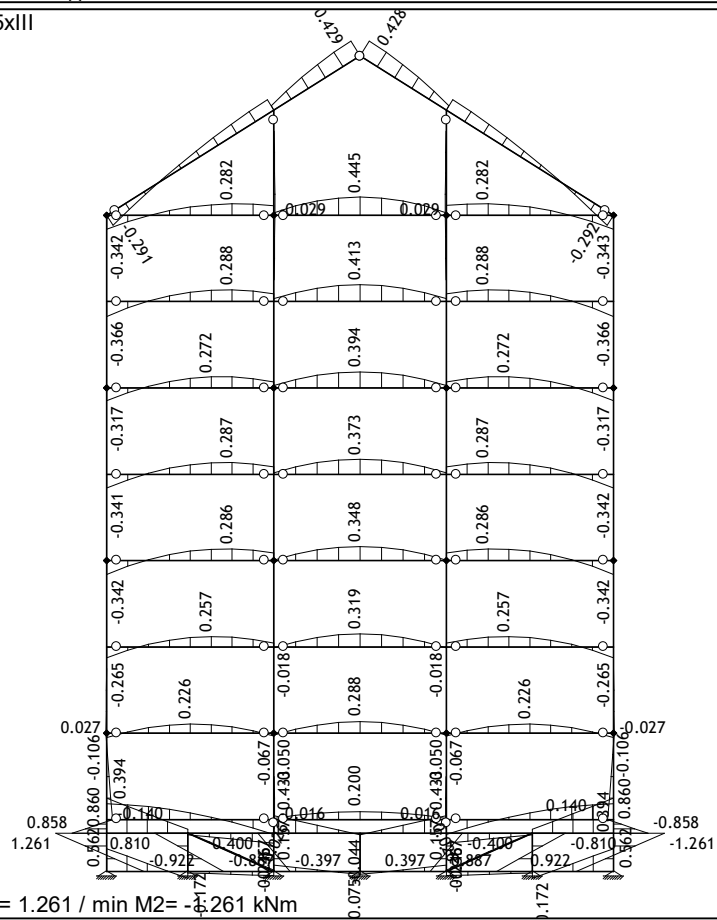
Opt. 7: I+1.5xII+0.6x1.5xIII



Ram: V_1

Uticaji u gredi: max T3= 6.356 / min T3= -6.356 kN

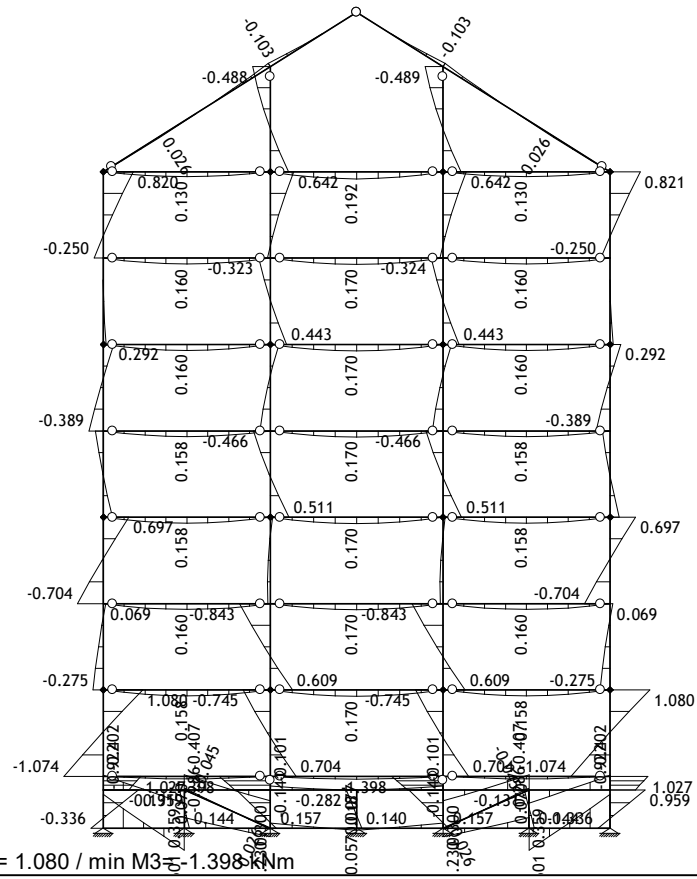
Opt. 7: I+1.5xII+0.6x1.5xIII



Ram: V_1

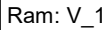
Uticaji u gredi: max M2= 1.261 / min M2= -1.261 kNm

Opt. 7: I+1.5xII+0.6x1.5xIII

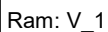


Ram: V_1

Uticaji u gredi: max M3= 1.080 / min M3= -1.398 kNm

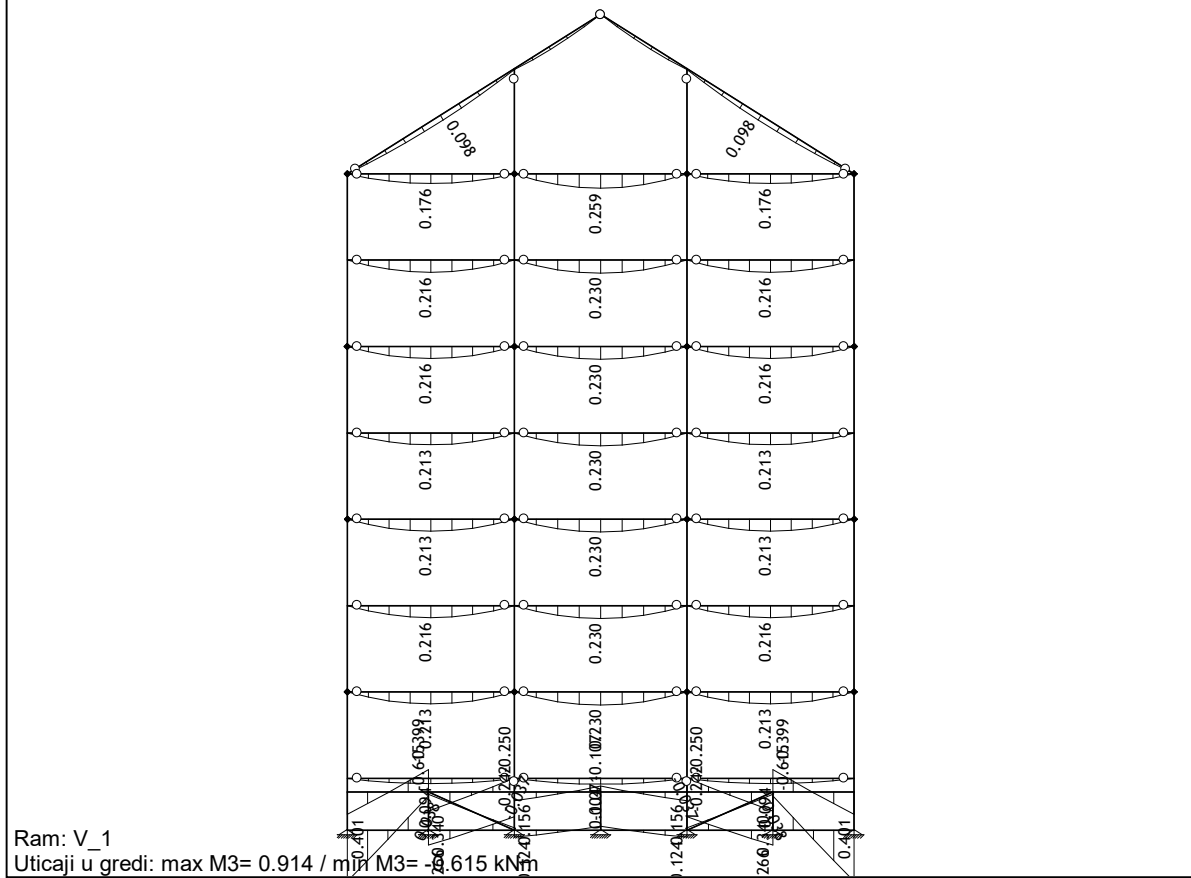
Opt. 8: $1.35xI + 1.5xIV$ 

Uticaji u gredi: $\max N_1 = 48.242$ / $\min N_1 = -11.103$ kN

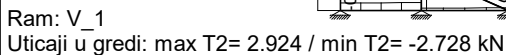
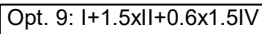


Utjecaji u gredi: $\max T_2 = 1.679$ / $\min T_2 = -1.679$ kN

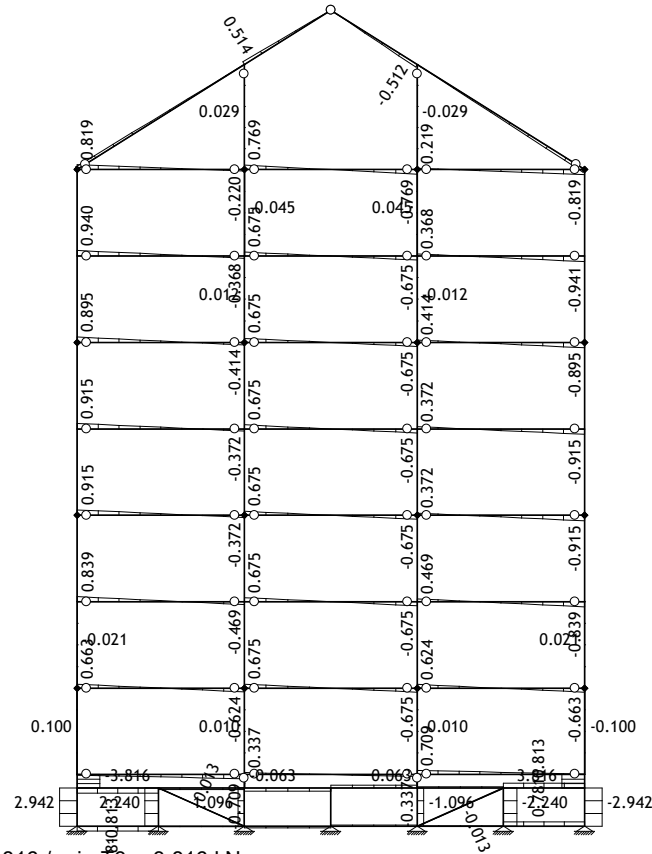
Opt. 8: 1.35xI+1.5xIV



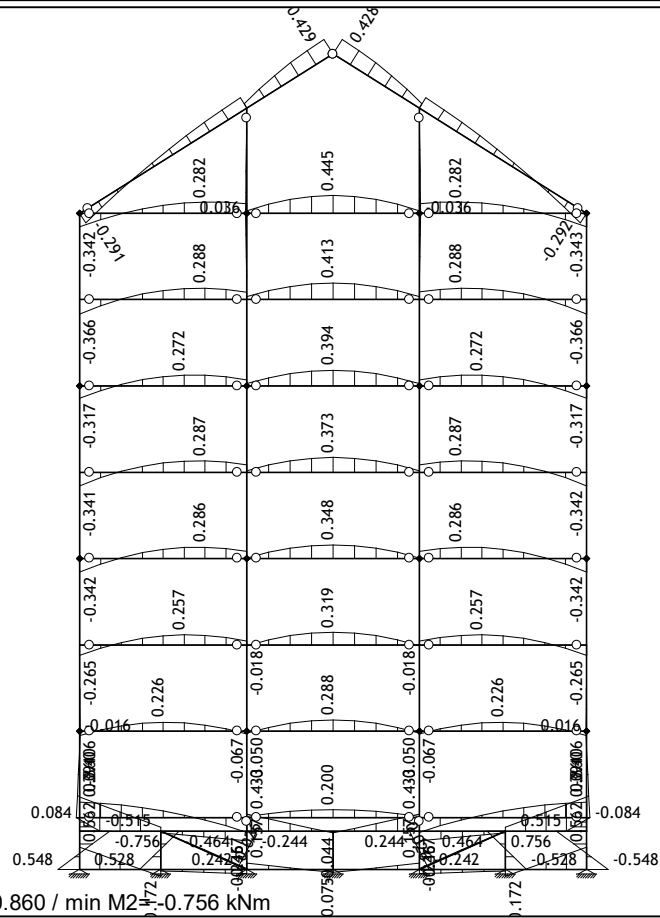
Opt. 9: $I + 1.5xII + 0.6x1.5IV$



Opt. 9: 1+1.5xII+0.6x1.5IV



Opt. 9: 1+1.5xII+0.6x1.5IV



Uticaji u gredi: max $M_3 = 1.080 / \text{m}$ min $M_3 = -1.398 \text{ kNm}$

4. Dimenzionisanje

4.1. Materijal

Konstrukcija portala se sastoji od aluminijuma.

Kvalitet aluminijuma: $f_y=260\text{Mpa}$

Modul elastičnosti: $E=70\text{Gpa}$

Specifična težina: $g=26,5\text{kN/m}^3$

4.2. Parcijalni koeficijenti sigurnosti

Parcijalni koeficijent za aluminijumske profile: $\gamma_{M0}=1,0$

4.3. Određivanje dužine izvijanja aluminijumskih profila

Vertikala:

Rastojanje između čeličnih nosača, pa samim tim i veza sa aluminijumskim vertikalnim profilom je 2002mm. Dužina izvijanja l_0 se uzima da je $l=2002\text{mm}$ jer je veza između vertikalnih i horizontalnih profila nedovoljne krutosti da bi se smatralo za uklještenje.

Horizontala:

Horizontale su sa vertikalnim profilima vezane zglobo. Stoga je dužina izvijanja $l_0=l=1000\text{mm}$.

4.4. Provera graničnih stanja nosivosti preseka

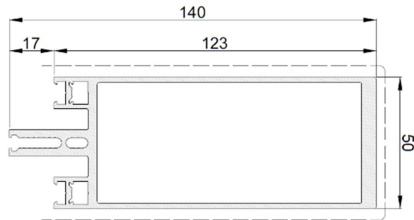
4.4.1. Horizontala

ŠTAP 58-49

POPREČNI PRESEK : Horizontala [Set: 4]

EUROCODE 3 (ENV)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



$A_x =$	14.590	cm ²
$A_y =$	5.305	cm ²
$A_z =$	9.285	cm ²
$I_x =$	364.44	cm ⁴
$I_y =$	377.94	cm ⁴
$I_z =$	158.65	cm ⁴
$W_y =$	53.991	cm ³
$W_z =$	39.663	cm ³
$W_{y,pl} =$	69.176	cm ³
$W_{z,pl} =$	46.811	cm ³
$\gamma_{M0} =$	1.100	
$\gamma_{M1} =$	1.100	
$\gamma_{M2} =$	1.250	
$A_{net}/A =$	0.900	

($f_y = 23.5\text{ kN/cm}^2$, $f_u = 36.0\text{ kN/cm}^2$)

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

5. $\gamma=0.05$	7. $\gamma=0.05$	9. $\gamma=0.05$
8. $\gamma=0.03$	6. $\gamma=0.03$	

ŠTAP IZLOŽEN SAVIJANJU

(slučaj opterećenja 9, na 100.0 cm od početka štapa)

Moment savijanja oko y ose	$M_{sd,y} =$	0.514	kNm
Moment savijanja oko z ose	$M_{sd,z} =$	0.192	kNm
Sistemska dužina štapa	$L =$	200.00	cm

5.3 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA

Klasa preseka 1

5.4 OTPORNOST POPREČNIH PRESEKA

5.4.5 Savijanje y-y

Računski plastični momenat

Računska otp.na lokalno

izbočavanje

Računski elastični momenat

Računska otpornost na savijanje

Uslov 5.17: $M_{sd,y} \leq M_{c,Rd,y}$ (0.51 <= 14.78)

$M_{pl,Rd} =$	14.778	kNm
$M_{o,Rd} =$	11.535	kNm
$M_{el,Rd} =$	11.535	kNm
$M_{c,Rd} =$	14.778	kNm

5.4.5 Savijanje z-z

Računski plastični momenat

Računska otp.na lokalno

izbočavanje

Računski elastični momenat

Računska otpornost na savijanje

Uslov 5.17: $M_{sd,z} \leq M_{c,Rd,z}$ (0.19 <= 10.00)

$M_{pl,Rd} =$	10.000	kNm
$M_{o,Rd} =$	8.473	kNm
$M_{el,Rd} =$	8.473	kNm
$M_{c,Rd} =$	10.000	kNm

5.4.8 Savijanje i aksijalna sila

Odnos $M_{sd,y} / M_{pl,Rd,y}$

0.035

Odnos $M_{sd,z} / M_{pl,Rd,z}$

0.019

Uslov 5.36: (0.05 <= 1)

5.5 OTPORNOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

5.5.2 Bočno-torziono izvijanje greda

Koeficijent

$C1 =$ 1.132

Koeficijent

$C2 =$ 0.459

Koeficijent

$C3 =$ 0.525

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

$k =$ 1.000

Koef.efekt.dužine torzionog

$k_w =$ 1.000

uvrtanja

Koordinata

$z_g =$ 0.000
Koordinata	$z_j =$	0.000	cm
Razmak bočno pridržanih tačaka	$L =$	200.00	cm
Sektorski momenat inercije	$I_w =$	0.000	cm⁶
Krit.mom.za bočno torz.ivijanje	$M_{cr} =$	556.84	kNm
Koeficijent	$\beta_w =$	1.000	
Koeficijent imperf.	$\alpha_{LT} =$	0.210	
Bezdimenziona vitkost	$\lambda_{LT} =$	0.171	
Koeficijent redukcije	$\chi_{LT} =$	1.000	
Računska otpornost na izvijanje	$M_{b,Rd} =$	14.778	kNm
Nije potrebno voditi računa o bočno-torz.izv.	$\lambda_{LT} \leq$	0.4	

5.7 OTPORNOST REBRA NA POPREČNE SILE

5.7.7 Izvijanje pritisnute nožice u ravni rebra

Koeficijent (klasa nožice 1)

$k =$ 0.300

Površina rebra

$A_w =$ 4.900
Površina prit. nožice	$A_{fc} =$	2.800	cm²
Sprečena je mogućnost izvijanja nožice u ravni rebra			
Uslov 5.80: (19.00 <= 354.64)			

PROVERA OTPORNOSTI NA SMICANJE

(slučaj opterećenja 6, početak štapa)

Transverzalna sila u y pravcu	$V_{sd,y} =$	-0.518	kN
Sistemska dužina štapa	$L =$	200.00	cm

5.4 OTPORNOST POPREČNIH PRESEKA

5.4.6 Smicanje

Računska plast.otp.na smicanje y-

$V_{pl,Rd} =$ 65.439
| y | | | |
| Uslov 5.20: $V_{sd,y} \leq V_{pl,Rd,y}$ (0.52 <= 65.44) | | | |

5.6 OTPORNOST NA IZBOČAVANJE SMICANJEM

za smicanje u ravni y-y

Širina lima

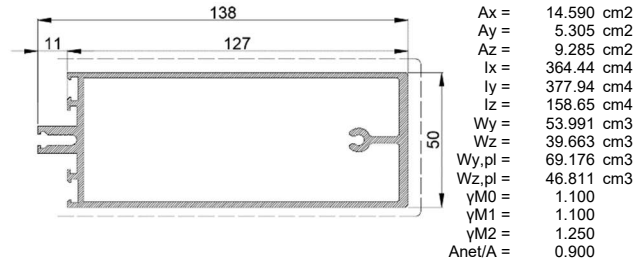
$d =$ 8.000
Debljina lima	$tw =$	0.350	cm
Nema poprečnih ukrčenja u sredini			
Koeficijent izbočavanja smicanjem	$kr =$	5.340	
Nije potrebna provera otpornosti na izbočavanje smicanjem			
Uslov: $d / tw \leq 69 \epsilon$ (22.86 <= 69.00)			

4.4.2. Vertikala

ŠTAP 2-40

POPREČNI PRESEK : Vertikala [Set: 3]
EUROCODE 3 (ENV)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



($f_y = 23.5 \text{ kN/cm}^2$, $f_u = 36.0 \text{ kN/cm}^2$)

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

6. $\gamma = 0.37$ 7. $\gamma = 0.25$ 8. $\gamma = 0.19$
9. $\gamma = 0.14$ 5. $\gamma = 0.05$

ŠTAP IZLOŽEN PRITISKU I SAVIJANJU (slučaj opterećenja 6, kraj štapa)

Računska normalna sila	Nsd =	-59.726 kN
Transverzalna sila u y pravcu	Vsd_y =	9.518 kN
Moment savijanja oko z ose	Msd_z =	-1.294 kNm
Sistemska dužina štapa	L =	715.70 cm

5.3 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA Klasa preseka 2

5.4 OTPORNOST POPREČNIH PRESEKA

5.4.4 Pritisak

Plastična računska otpornost	Npl.Rd =	311.70 kN
Računska otpornost na pritisak	Nc.Rd =	311.70 kN

Uslov 5.16: Nsd <= Nc.Rd (59.73 <= 311.70)

5.4.5 Savijanje z-z

Računski plastični momenat	Mpl.Rd =	10.000 kNm
Računska otp.na lokalno izbočavanje	Mo.Rd =	8.473 kNm
Računski elastični momenat	Mel.Rd =	8.473 kNm
Računska otpornost na savijanje	Mc.Rd =	10.000 kNm

Uslov 5.17: Msd_z <= Mc.Rd_z (1.29 <= 10.00)

5.4.6 Smicanje

Računska plast.otp.na smicanje y-y	Vpl.Rd =	65.439 kN
------------------------------------	----------	-----------

Uslov 5.20: Vsd_y <= Vpl.Rd_y (9.52 <= 65.44)

5.4.9 Savijanje smicanje i aksijalna sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti
Uslov: $Vsd_y \leq 50\% Vpl.Rd_y$

5.4.8 Savijanje i aksijalna sila

Odnos Nsd / Npl.Rd	0.192
Odnos Msd_z / Mpl.Rd_z	0.129

Uslov 5.36: (0.32 <= 1)

5.5 OTPORNOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

5.5.1.1 Otpornost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y	I_y =	200.00 cm
Poluprečnik inercije y-y	i_y =	5.090 cm
Vitkost y-y	$\lambda_y =$	39.296
Relativna vitkost y-y	$\lambda_{rel,y} =$	0.418
Kriva izvijanja za osu y-y: B	$\alpha =$	0.340
Redukcioni koeficijent	$\chi_y =$	0.919
Koeficijent efektivnog preseka	$\beta_A =$	1.000
Računska otpornost na izvijanje	Nb.Rd_y =	286.35 kN

Uslov 5.45: Nsd <= Nb.Rd_y (59.73 <= 286.35)

Dužina izvijanja z-z

Poluprečnik inercije z-z	i_z =	3.298 cm
Vitkost z-z	$\lambda_z =$	60.651
Relativna vitkost z-z	$\lambda_{rel,z} =$	0.646
Kriva izvijanja za osu z-z: B	$\alpha =$	0.340
Redukcioni koeficijent	$\chi_z =$	0.813
Koeficijent efektivnog preseka	$\beta_A =$	1.000
Računska otpornost na izvijanje	Nb.Rd_z =	253.52 kN

Uslov 5.45: Nsd <= Nb.Rd_z (59.73 <= 253.52)

5.5.4 Savijanje i aksijalni pritisak

Redukcioni koeficijent	$\chi_{min} =$	0.813
Nsd / ...	$\mu_z =$	0.236
Koeficijent uniformnog momenta	$\beta_z =$	1.584
Koeficijent	$\mu_z =$	-0.357
Koeficijent	$k_z =$	1.076
$k_z * M_z / ...$		0.139

Uslov 5.51: (0.37 <= 1)

5.6 OTPORNOST NA IZBOČAVANJE SMICANJEM za smicanje u ravni y-y

Širina lima

d = 8.000 cm

Debljina lima

tw = 0.350 cm

Nema poprečnih ukrućenja u sredini

Koeficijent izbočavanja smicanjem

kt = 5.340

Nije potrebna provera otpornosti na izbočavanje smicanjem

Uslov: d / tw <= 69 ε (22.86 <= 69.00)

5.7 OTPORNOST REBRA NA POPREČNE SILE

5.7.7 Izvijanje pritisnute nožice u ravni rebra

Koeficijent (klasa nožice 1)

k = 0.300

Površina rebra

Aw = 4.900 cm²

Površina prit. nožice

Afc = 2.800 cm²

Sprečena je mogućnost izvijanja nožice u ravni rebra

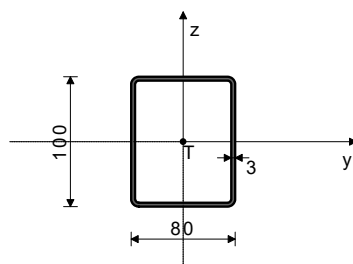
Uslov 5.80: (19.00 <= 354.64)

4.4.3. Pojas čeličnog nosača HOP [] 100X80X3

ŠTAP 28-1

POPREČNI PRESEK : HOP [] 100x80x3 [S 235] [Set: 1]
EUROCODE 3 (ENV)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



Ax =	10.210	cm2
Ay =	4.538	cm2
Az =	5.672	cm2
Ix =	195.82	cm4
Iy =	148.61	cm4
Iz =	105.50	cm4
Wy =	29.722	cm3
Wz =	26.375	cm3
Wy,pl =	36.534	cm3
Wz,pl =	31.314	cm3
yM0 =	1.100	
yM1 =	1.100	
yM2 =	1.250	
Anet/A =	0.900	

[m m]

(fy = 23.5 kN/cm2, fu = 36.0 kN/cm2)

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

6. γ=0.60	7. γ=0.39	8. γ=0.34
9. γ=0.23	5. γ=0.03	

ŠTAP IZLOŽEN PRITISKU I SAVIJANJU (slučaj opterećenja 6, kraj štapa)

Računska normalna sila	Nsd =	-80.402	kN
Transverzalna sila u z pravcu	Vsd_z =	2.773	kN
Momenat savijanja oko y ose	Msd_y =	-1.543	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	587.80	cm

5.3 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA

Klasa preseka 1

5.4 OTPORNOST POPREČNIH PRESEKA

5.4.4 Pritisak

Plastična računaska otpornost
Računska otpornost na pritisak
Uslov 5.16: Nsd <= Nc.Rd (80.40 <= 218.12)

Npl.Rd =	218.12	kN
Nc.Rd =	218.12	kN

5.4.5 Savijanje y-y

Računski plastični momenat
Računska otp. na lokalno izbočavanje
Računski elastični momenat
Računska otpornost na savijanje
Uslov 5.17: Msd_y <= Mc.Rd_y (1.54 <= 7.80)

Mpl.Rd =	7.805	kNm
Mo.Rd =	6.350	kNm
Mel.Rd =	6.350	kNm
Mc.Rd =	7.805	kNm

5.4.6 Smicanje

Računska plast.otp.na smicanje z-z
Uslov 5.20: Vsd_z <= Vpl.Rd_z (2.77 <= 69.96)

Vpl.Rd =	69.963	kN
----------	--------	----

5.4.9 Savijanje smicanje i aksijalna sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti
Uslov: Vsd_z <= 50%Vpl.Rd_z

5.4.8 Savijanje i aksijalna sila

Odnos Nsd / Npl.Rd
Odnos Msd_y / Mpl.Rd_y
Uslov 5.36: (0.57 <= 1)

0.369
0.198

5.5 OTPORNOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

5.5.1.1 Otpornost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y
Poluprečnik inercije y-y
Vitkost y-y
Relativna vitkost y-y
Kriva izvijanja za osu y-y: B

Iy =	100.00	cm
iy =	3.815	cm
λy =	26.211	
λ_y =	0.279	
α =	0.340	

Redukcioni koeficijent

Koeficijent efektivnog preseka

Računska otpornost na izvijanje

Uslov 5.45: Nsd <= Nb.Rd_y (80.40 <= 211.95)

χ_y	=	0.972
β_A	=	1.000
Nb.Rd y	=	211.95 kN

Dužina izvijanja z-z

Poluprečnik inercije z-z

Vitkost z-z

Relativna vitkost z-z

Kriva izvijanja za osu z-z: B

Redukcioni koeficijent

Koeficijent efektivnog preseka

Računska otpornost na izvijanje

Uslov 5.45: Nsd <= Nb.Rd_z (80.40 <= 207.76)

Iz =	100.00	cm
iz =	3.214	cm
λz =	31.109	
λ_z =	0.331	
α =	0.340	
χz =	0.953	
βA =	1.000	
Nb.Rd_z =	207.76	kN

5.5.2 Bočno-torziono izvijanje greda

Koeficijent

Koeficijent

Koeficijent

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

Koef.efekt.dužine torzionog

uvrtanja

Koordinata

Koordinata

Razmak bočno pridržanih tačaka

Sektorski momenat inercije

Krit.mom.za bočno torz.izvijanje

Koeficijent

Koeficijent imperf.

Bezdimenziona vitkost

Koeficijent redukcije

Računska otpornost na izvijanje

Nije potrebno voditi računa o bočno-torz.izv. λ_LT <= 0.4

C1 =	1.285	
C2 =	1.562	
C3 =	0.753	
k =	1.000	
kw =	1.000	
zg =	0.000	cm
zj =	0.000	cm
L =	587.80	cm
Iw =	0.000	cm ⁶
Mcr =	128.56	kNm
βw =	1.000	
αLT =	0.210	
λLT =	0.258	
χLT =	0.987	
Mb.Rd =	7.704	kNm

5.5.4 Savijanje i aksijalni pritisak

Redukcioni koeficijent

Nsd / ...

Koeficijent uniformnog momenata

Koeficijent

Koeficijent

ky * My / ...

Uslov 5.51: (0.60 <= 1)

χmin =	0.953
0.387	
βy =	1.228
μy =	-0.202
ky =	1.070
0.211	

Redukcioni koeficijent

Nsd / ...

Redukcioni koeficijent

Koef.unif.mom.za bočno torz.izv.

Koeficijent

Koeficijent

kLT * My / ...

Uslov 5.52: (0.59 <= 1)

χ_z =	0.953
0.387	
χLT =	0.987
βM.LT =	1.228
μLT =	-0.089
kLT =	1.031
0.207	

5.6 OTPORNOST NA IZBOČAVANJE SMICANJEM

za smicanje u ravni z-z

Širina lima

Debljina lima

Nema poprečnih ukrčenja u sredini

Koeficijent izbočavanja smicanjem

Nije potrebna provera otpornosti na izbočavanje smicanjem

Uslov: d / tw <= 69 ε (31.33 <= 69.00)

d =	9.400	cm
tw =	0.300	cm
kt =	5.340	

5.6.7 Interakcija smičuće sile, savijanja i aks.sile

za smicanje u ravni z-z

Računski plastični momenat

nožica

Uslovi 5.66a i 5.66b su ispunjeni

Mf.Rd =	4.431	kNm
---------	-------	-----

5.7 OTPORNOST REBRA NA POPREČNE SILE

5.7.7 Izvijanje pritisnute nožice u ravni rebra

Koeficijent (klasa nožice 1)

Površina rebra

Površina prit. nožice

Sprečena je mogućnost izvijanja nožice u ravni rebra

Uslov 5.80: (15.67 <= 299.73)

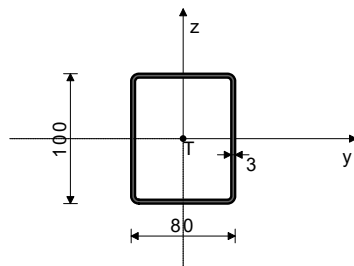
k =	0.300
Aw =	3.000 cm2
Afc =	2.400 cm2

4.4.4. Stubac čeličnog nosača HOP [] 100X80X3

ŠTAP 1-2

POPREČNI PRESEK : HOP [] 100x80x3 [S 235] [Set: 1]
EUROCODE 3 (ENV)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



($f_y = 23.5 \text{ kN/cm}^2$, $f_u = 36.0 \text{ kN/cm}^2$)

$A_x = 10.210 \text{ cm}^2$
 $A_y = 4.538 \text{ cm}^2$
 $A_z = 5.672 \text{ cm}^2$
 $I_x = 195.82 \text{ cm}^4$
 $I_y = 148.61 \text{ cm}^4$
 $I_z = 105.50 \text{ cm}^4$
 $W_y = 29.722 \text{ cm}^3$
 $W_z = 26.375 \text{ cm}^3$
 $W_{y,pl} = 36.534 \text{ cm}^3$
 $W_{z,pl} = 31.314 \text{ cm}^3$
 $y_{M0} = 1.100$
 $y_{M1} = 1.100$
 $y_{M2} = 1.250$
 $A_{net}/A = 0.900$

[m m]

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

6. $\gamma = 0.59$ 7. $\gamma = 0.36$ 8. $\gamma = 0.35$
9. $\gamma = 0.22$ 5. $\gamma = 0.05$

ŠTAP IZLOŽEN PRITISKU I SAVIJANJU (slučaj opterećenja 6, početak štapa)

Računska normalna sila	$N_{sd} = -61.255 \text{ kN}$
Transverzalna sila u y pravcu	$V_{sd,y} = -8.097 \text{ kN}$
Moment savijanja oko z ose	$M_{sd,z} = -2.044 \text{ kNm}$
Sistemska dužina štapa	$L = 44.300 \text{ cm}$

5.3 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA Klasa preseka 1

5.4 OTPORNOST POPREČNIH PRESEKA

5.4.4 Pritisak

Plastična računska otpornost $N_{pl,Rd} = 218.12 \text{ kN}$
Računska otpornost na pritisak $N_{c,Rd} = 218.12 \text{ kN}$
Uslov 5.16: $N_{sd} \leq N_{c,Rd}$ (61.25 <= 218.12)

5.4.5 Savijanje z-z

Računski plastični momenat	$M_{pl,Rd} = 6.690 \text{ kNm}$
Računska otp.na lokalno izbočavanje	$M_{o,Rd} = 5.635 \text{ kNm}$
Računski elastični momenat	$M_{el,Rd} = 5.635 \text{ kNm}$
Računska otpornost na savijanje	$M_{c,Rd} = 6.690 \text{ kNm}$

Uslov 5.17: $M_{sd,z} \leq M_{c,Rd,z}$ (2.04 <= 6.69)

5.4.6 Smicanje

Računska plast.otp.na smicanje y-y

$V_{pl,Rd} = 55.970 \text{ kN}$

Uslov 5.20: $V_{sd,y} \leq V_{pl,Rd,y}$ (8.10 <= 55.97)

5.4.9 Savijanje smicanje i aksijalna sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti
Uslov: $V_{sd,y} \leq 50\% V_{pl,Rd,y}$

5.4.8 Savijanje i aksijalna sila

Odnos $N_{sd} / N_{pl,Rd} = 0.281$
Odnos $M_{sd,z} / M_{pl,Rd,z} = 0.306$

Uslov 5.36: (0.59 <= 1)

5.5 OTPORNOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

5.5.1.1 Otpornost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y	$l_y = 44.300 \text{ cm}$
Poluprečnik inercije y-y	$i_y = 3.815 \text{ cm}$
Vitkost y-y	$\lambda_y = 11.612$
Relativna vitkost y-y	$\lambda_{rel,y} = 0.124$
Kriva izvijanja za osu y-y: B	$\alpha = 0.340$
Redukcioni koeficijent	$\chi_y = 1.000$
Koeficijent efektivnog preseka	$\beta_A = 1.000$
Računska otpornost na izvijanje	$N_{b,Rd,y} = 218.12 \text{ kN}$

Uslov 5.45: $N_{sd} \leq N_{b,Rd,y}$ (61.25 <= 218.12)

Dužina izvijanja z-z

Poluprečnik inercije z-z	$i_z = 44.300 \text{ cm}$
Vitkost z-z	$i_z = 3.214 \text{ cm}$
Relativna vitkost z-z	$\lambda_z = 13.781$
Kriva izvijanja za osu z-z: B	$\lambda_{rel,z} = 0.147$
Redukcioni koeficijent	$\alpha = 0.340$
Koeficijent efektivnog preseka	$\chi_z = 1.000$
Računska otpornost na izvijanje	$\beta_A = 1.000$
Računska otpornost na izvijanje	$N_{b,Rd,z} = 218.12 \text{ kN}$

Uslov 5.45: $N_{sd} \leq N_{b,Rd,z}$ (61.25 <= 218.12)

5.5.4 Savijanje i aksijalni pritisak

Redukcioni koeficijent	$\chi_{min} = 1.000$
$N_{sd} / \dots$	0.281
Koeficijent uniformnog momenta	$\beta_z = 2.328$
Koeficijent	$\mu_z = 0.284$
Koeficijent	$k_z = 0.928$
$k_z * M_z / \dots$	0.283

Uslov 5.51: (0.56 <= 1)

5.6 OTPORNOST NA IZBOČAVANJE SMICANJEM

za smicanje u ravni y-y

Širina lima	$d = 8.000 \text{ cm}$
Debljina lima	$tw = 0.300 \text{ cm}$
Nema poprečnih ukrčenja u sredini	
Koeficijent izbočavanja smicanjem	$k_T = 5.340$

Nije potrebna provera otpornosti na izbočavanje smicanjem

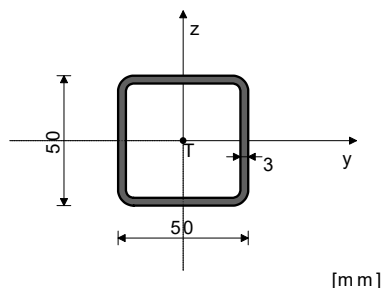
Uslov: $d / tw \leq 69 \epsilon$ (26.67 <= 69.00)

4.4.5. Dijagonala čeličnog nosača HOP [] 50X50X3

ŠTAP 7-5

POPREČNI PRESEK : HOP [] 50x50x3 [S 235] [Set: 2]
EUROCODE 3 (ENV)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



($f_y = 23.5 \text{ kN/cm}^2$, $f_u = 36.0 \text{ kN/cm}^2$)

$A_x = 5.410 \text{ cm}^2$
 $A_y = 2.705 \text{ cm}^2$
 $A_z = 2.705 \text{ cm}^2$
 $I_x = 31.973 \text{ cm}^4$
 $I_y = 18.510 \text{ cm}^4$
 $I_z = 18.510 \text{ cm}^4$
 $W_y = 7.404 \text{ cm}^3$
 $W_z = 7.404 \text{ cm}^3$
 $W_{y,pl} = 9.954 \text{ cm}^3$
 $W_{z,pl} = 9.954 \text{ cm}^3$
 $y_{M0} = 1.100$
 $y_{M1} = 1.100$
 $y_{M2} = 1.250$
 $A_{net}/A = 0.900$

[m m]

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

6. $\gamma=0.09$ 7. $\gamma=0.07$ 8. $\gamma=0.06$
9. $\gamma=0.05$ 5. $\gamma=0.02$

ŠTAP IZLOŽEN ZATEZANJU I SAVIJANJU (slučaj opterećenja 6, početak štapa)

Računska normalna sila $N_{sd} = 6.986 \text{ kN}$
Transverzalna sila u z pravcu $V_{sd,z} = -0.136 \text{ kN}$
Momenat savijanja oko y ose $M_{sd,y} = -0.072 \text{ kNm}$
Sistemska dužina štapa $L = 109.37 \text{ cm}$

5.3 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA Klasa preseka 1

5.4 OTPORNOST POPREČNIH PRESEKA

5.4.3 Zatezanje

Plast.rač.otpornost bruto preseka
Granična rač.otpornost neto preseka

Računska otp. na zatezanje

Uslov 5.13: $N_{sd} \leq N_{t,Rd}$ (6.99 <= 115.58)

5.4.5 Savijanje y-y

Računski plastični momenat

Računska otp.na lokalno izbočavanje

Računski elastični momenat

Računska otpornost na savijanje

Uslov 5.17: $M_{sd,y} \leq M_{c,Rd,y}$ (0.07 <= 2.13)

$N_{pl,Rd} = 115.58 \text{ kN}$
 $N_{u,Rd} = 126.20 \text{ kN}$
 $N_{t,Rd} = 115.58 \text{ kN}$
 $M_{pl,Rd} = 2.127 \text{ kNm}$
 $M_{o,Rd} = 1.582 \text{ kNm}$
 $M_{el,Rd} = 1.582 \text{ kNm}$
 $M_{c,Rd} = 2.127 \text{ kNm}$

5.4.6 Smicanje

Računska plast.otp.na smicanje z-z

$V_{pl,Rd} = 33.364 \text{ kN}$

Uslov 5.20: $V_{sd,z} \leq V_{pl,Rd,z}$ (0.14 <= 33.36)

5.4.9 Savijanje smicanje i aksijalna sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uslov: $V_{sd,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$

5.4.8 Savijanje i aksijalna sila

Odnos $N_{sd} / N_{pl,Rd}$

0.060

Odnos $M_{sd,y} / M_{pl,Rd,y}$

0.034

Uslov 5.36: (0.09 <= 1)

5.5 OTPORNOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

5.5.2 Bočno-torziono izvijanje greda

Koeficijent

$C1 = 2.810$

Koeficijent

$C2 = 0.000$

Koeficijent

$C3 = 0.529$

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

$k = 1.000$

Koef.efekt.dužine torzionog

$kw = 1.000$

uvrtanja

Koordinata

$z_g = 0.000 \text{ cm}$

Koordinata

$z_j = 0.000 \text{ cm}$

Razmak bočno pridržanih tačaka

$L = 109.37 \text{ cm}$

Sektorski momenat inercije

$I_w = 0.000 \text{ cm}^6$

Krit.mom.za bočno tor.izvijanje

$M_{cr} = 255.71 \text{ kNm}$

Koeficijent

$\beta_w = 1.000$

Koeficijent imperf.

$\alpha_{LT} = 0.210$

Bezdimenziona vitkost

$\lambda_{LT} = 0.096$

Koeficijent redukcije

$\chi_{LT} = 1.000$

Računska otpornost na izvijanje

$M_{b,Rd} = 2.127 \text{ kNm}$

5.5.3 Savijanje i aksijalno zatezanje

Redukcioni koef.za vektorske

$\psi_{vec} = 0.800$

uticaje

Elast.otp.mom.za krajnje

$W_{com} = 7.404 \text{ cm}^3$

prit.vlakno

Efektivni rač.unutrašnji momenat

$M_{eff,sd} = 0.000 \text{ kNm}$

Uslov 5.50: $M_{eff,sd} \leq M_{b,Rd}$ (0.00 kNm <= 2.13 kNm)

5.6 OTPORNOST NA IZBOČAVANJE SMICANJEM

za smicanje u ravni z-z

$d = 4.400 \text{ cm}$

Širina lima

$tw = 0.300 \text{ cm}$

Debljina lima

Nema poprečnih ukrčenja u sredini

$kt = 5.340$

Koeficijent izbočavanja smicanjem

Nije potrebna provera otpornosti na izbočavanje smicanjem

Uslov: $d / tw \leq 69 \epsilon$ (14.67 <= 69.00)

5.6.7 Interakcija smičuće sile, savijanja i aks.sile

za smicanje u ravni z-z

Računski plastični momenat

$M_f,Rd = 1.596 \text{ kNm}$

nožica

Uslovi 5.66a i 5.66b su ispunjeni

4.5. Provera nosivosti ankera na vezi između čeličnog nosača i AB stuba

Površina poprečnog preseka ankera:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = 0,0002m^2$$

Nosivost jednog ankera na smicanje:

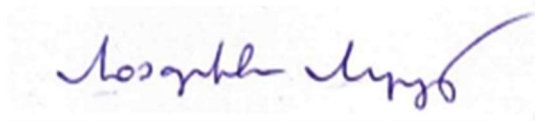
$$F_{v,Rd,1} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 480 \cdot 10^3 \cdot 0,0002}{1,25} = 46,08kN$$

Ukupna nosivost na smicanje:

$$F_{v,Rd,u} = F_{v,Rd,1} \cdot 4 = 184,32kN > V_{Ed,1} = 0,67 kN \quad \text{Uslov nosivosti zadovoljen}$$

5. Zaključak

Konstrukcija portala na vestibulu železničke stanice Novi Sad je sposobna za prenos eksploatacionog opterećenja na dalje konstrukcione elemente.



Мирољуб Лазаровски, дипл.инж.грађ.

